

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
“АЗОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА”  
(ФГБНУ «АЗНИИРХ»)**



**СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА  
ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

**Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ  
26-29 ОКТЯБРЯ 2015 Г.**

**Ростов-на-Дону  
2015**

Скуратовская Е.Н.

ФГБУН Институт морских биологических исследований  
им. А.О. Ковалевского, Севастополь  
skuratovskaya2007@rambler.ru

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ КРОВИ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

Прибрежные акватории Черного моря постоянно подвергаются влиянию природных и антропогенных загрязнителей, которые приводят к негативным изменениям в сообществах. В связи с этим в современных исследованиях разрабатываются новые методы, основанные на определении чувствительных биомаркеров, позволяющих на ранних стадиях воздействия неблагоприятных факторов оценить состояние гидробионтов и среды их обитания. В качестве таких биомаркеров используют молекулярные показатели, среди которых наиболее информативными являются параметры прооксидантно-антиоксидантной системы (ПАС) [6, 8].

ПАС включает генерацию активных форм кислорода (АФК), инициирующих свободнорадикальные процессы, и антиоксидантную (АО) защиту посредством низкомолекулярных соединений и ферментов, функции которых заключаются в восстановлении продуктов перекисного окисления и поддержании концентрации АФК на низком, оптимальном для организма уровне. Соотношение процессов свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты отражает адаптационные возможности и позволяет оценить ответные реакции организмов на неблагоприятные условия среды [7].

Сравнительный анализ показателей ПАС рыб разных экологических групп представляет несомненный интерес для понимания механизмов их адаптаций к условиям существования, а также для решения многих задач, связанных с охраной природы и рациональным природопользованием.

Цель работы заключалась в изучении состояния прооксидантно-антиоксидантной системы прибрежных черноморских рыб разных экологических групп.

Объектами исследования служили 4 вида рыб: морской ерш *Scorpaena porcus* (донный вид), султанка *Mullus barbatus ponticus* (придонный вид), спикара *Spicara flexuosa* (придонно-пелагический вид), ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus* (пелагический вид).

Рыб отлавливали в Карантинной бухте г. Севастополя в осенний период. О состоянии ПАС судили по активности ключевых антиоксидантных ферментов и уровню окислительной модификации белков (ОМБ).

В эритроцитах крови определяли активность пяти антиоксидантных ферментов: супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ), пероксидазы (ПЕР), глутатионредуктазы (ГР) и глутатион-S-трансферазы (ГТ) согласно методам, описанным ранее [8]. В сыворотке анализировали уровень ОМБ на основе реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белка с 2,4–динитрофенилгидразином с образованием 2,4–динитрофенилгидразонов [1]. Оптическую плотность образовавшихся 2,4–динитрофенилгидразонов регистрировали при следующих длинах волн: 346 нм и 370 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации нейтрального характера), 430 нм и 530 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации основного характера). Сравнительный анализ данных осуществляли с использованием t-критерия Стьюдента.

В результате исследований установлены существенные видовые отличия показателей ПАС.

Активность КАТ максимальна в эритроцитах крови спикары и султанки, минимальные значения фермента отмечены у ставриды. Для КАТ не обнаружено связи с другими ферментами (табл. 1).

Активность СОД, ГР и GST имеет одинаковую тенденцию, что является следствием сопряженной работы ферментов в защите организма от окислительного стресса. Максимальная активность выявлена в эритроцитах крови султанки, что свидетельствует о напряженном функционировании ферментов, обусловленном изменчивостью среды обитания. Минимальные значения, обнаруженные у представителя донной группы – морского ерша, могут быть вызваны ингибирующим воздействием высоких концентраций токсикантов, сконцентрированных в придонном слое воды и в грунтах (табл. 1).

Таблица 1

**Активность антиоксидантных ферментов в эритроцитах крови рыб  
(на мг Нb в мин,  $M \pm m$ )**

Показатель	Морской ерш n = 40	Султанка n = 25	Спикара n = 35	Ставрида n = 38
СОД, усл. ед.	146,92±5,43*#	318,29±27,07	173,2±15,53*	
КАТ, мг H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,43±0,01*#	0,52±0,03#	0,5±0,04#	0,31±0,1
ПЕР, опт. ед.	29,04±0,82	5,73±0,8 · #	11,27±1,57 · #	16,51±1,29 ·
ГР нмоль НАДФН	2,22±0,22*	5,91±1,08	3,24±0,45	4,09±0,4
GST, нмоль конъюгата	10,99±0,73	23,23±4,01·	15,09±2,15	20,03±1,6 1·

Примечание: \* - различия достоверны по сравнению со значениями султанки; # - то же по сравнению со значениями ставриды; · - то же по сравнению со значениями морского ерша ( $p < 0,05$ ).

Активность ПЕР имеет противоположную тенденцию по сравнению с показателями СОД и глутатионзависимых ферментов, что свидетельствует о компенсаторном эффекте работы АО системы крови рыб. Максимальные значения ПЕР отмечены у донного вида, тогда как у рыб из других групп этот параметр значительно ниже (табл. 1). Известно, что ПЕР чувствителен к нефтяному загрязнению. Повышение активности ПЕР у ерша может свидетельствовать о реакции фермента на увеличение содержания углеводов в грунтах.

Основное количество продуктов ОМБ, обнаруженное в сыворотке крови рыб, относится к альдегидо- и кетонпроизводным нейтрального характера (346 нм и 370 нм соответственно). Уровень альдегидо- и особенно кетонпроизводных основного характера (430 нм и 530 нм соответственно) значительно ниже у всех исследуемых видов. Содержание окисленных белков увеличивается в ряду ставрида → султанка → морской ерш → спикара (табл. 2).

Таблица 2

**Уровень окислительной модификации белков в сыворотке крови рыб  
(опт. ед./мл сыворотки,  $M \pm m$ )**

Вид	$\lambda_{346}$	$\lambda_{370}$	$\lambda_{430}$	$\lambda_{530}$	$\Sigma$
Морской ерш n = 40	2,7±0,2	3,3±0,23	1,76±0,15	0,37±0,04 ·	8,13
Султанка n = 25	2,37±0,14 *	2,72±0,15*#	1,52±0,08 *	0,22±0,01	6,83
Спи́кара n = 35	3,16±0,25	3,57±0,3	2,22±0,2	0,48±0,04 ·	9,43
Ставрида n = 38	2,28±0,3 *	2,4±0,28*#	1,48±0,2 *	0,37±0,03 #·	6,53

Примечание: \* - различия достоверны по сравнению со значениями спикары; # - то же по сравнению со значениями морского ерша; · - то же по сравнению со значениями султанки, ( $p < 0,05$ ),  $\lambda$  – длина волны,  $\Sigma$  - общее содержание продуктов ОМБ.

Выявленные отличия, вероятно, обусловлены как экологическими особенностями, так и видовой специфичностью, определяющими образ жизни рыб. Минимальное содержание окисленных белков в сыворотке крови ставриды, по-видимому, связано с условиями обитания и интенсивностью метаболизма. Это пелагический, быстро перемещающийся вид, способный уйти из акваторий с повышенным загрязнением в более чистые районы. Как известно, у подвижных рыб выше уровень обменных процессов, в связи с чем в организме ставриды происходит более интенсивное восстановление и/или разложение продуктов ОМБ.

Низкое содержание окисленных белков в сыворотке крови придонной султанки является следствием высокой активности АО ферментов

(табл. 1) и значительного содержания каротиноидов в тканях [4] по сравнению с другими исследуемыми видами.

Высокое содержание продуктов ОМБ в сыворотке крови придонно-пелагической спикары может быть обусловлено как изменчивостью среды обитания и наличием определенных уровней токсикантов, стимулирующих окислительные процессы в организме, так и особенностями накопления токсичных элементов в органах. Ранее нами было установлено, что уровень кадмия и ртути в тканях спикары значительно выше, чем у остальных исследуемых видов [3]. Токсическая роль Cd и Hg обусловлена их способностью связываться с большим числом анионов, SH-группами, фосфатами. В результате угнетается синтез белков (в том числе гемоглобина), ингибируется активность ферментов, происходит агрегация молекул [5], что приводит к образованию и накоплению окисленных белков.

На основании анализа параметров ПАС крови рыб был рассчитан интегральный показатель антиоксидантно-прооксидантного состояния (ИП АПС) как отношение общей антиоксидантной ферментативной активности (в относительных единицах) к содержанию продуктов окисления белков [2]. ИП АПС увеличивается в ряду спикара (0,9) → морской ерш (1,16) → ставрида (1,41) → султанка (1,73) и отражает адаптационные возможности рыб в разных условиях обитания.

Таким образом, в результате исследований установлены видовые отличия показателей прооксидантно-антиоксидантной системы крови, обусловленные как экологическими, так и этолого-физиологическими особенностями рыб.

#### Список литературы

1. Дубинина Е.Е., Бурмистров С.О., Ходов Д.А., Поротов И.Г. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения // Вопросы медицинской химии. 1995. Т. 41. № 1. – С. 24–26.
2. Грубинко В.В. Системный подход в физиолого-биохимической оценке токсичности водной среды // Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія. 2013. № 2 (55). – С. 126–150.
3. Руднева И.И. Скуратовская Е.Н., Омельченко С.О. и др. Биоиндикация экологического состояния морских акваторий с помощью биомаркеров рыб // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 1. – С. 92–97.
4. Руднева И.И. Эколого-физиологические особенности антиоксидантной системы у рыб и процессов перекисного окисления липидов // Успехи современной биологии. 2003. Т. 123. № 4. – С. 391–400.
5. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: ОНИКС 21 век. Мир. 2004. – 216 с.
6. Тоцкий В.Н., Ершова О.Н., Топтиков В.А. и др. Состояние антиоксидантной системы у представителей *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846), обитающих в разных акваториях Одесского залива (Черное море) // Вісник ОНУ. Серія: Біологія. 2013. Т. 18. Вип. 1(30). – С. 7–15.
7. Livingstone D.R. Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and

aquaculture // Revue De Medecine Veterinaire. 2003. V. 154(6). – P. 427– 430.

8. Rudneva I.I., Skuratovskaya E.N., Dorohova I.I., Kovyrshina T.B. Use of fish blood biomarkers for evaluation of marine environment health // World Journal of Science and Technology. 2012. V. 2(7). – P. 19–25.

*Смолянский М.С., Фокина Л.Н.*

*Волгоградское отделение ФГБНУ «ГОСНИОРХ», Волгоград*

*gidrotox@mail.ru*

## **ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КАРПОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

### **Введение**

Карповское водохранилище – одно из водораздельных водохранилищ, созданных по трассе Волго-Донского судоходного канала. расположено на р. Карповке и служит для регулирования стока реки. Водные ресурсы водохранилища используются для судоходства и ирригации, кроме того, водохранилище является рыбопромысловым водоёмом, в котором обитают ценные промысловые виды рыб [4].

Современное состояние экосистемы Карповского водохранилища, характеризуется повышенной антропогенной нагрузкой [2]. Постоянное судоходство (за 2013 год через водохранилище прошло около 7000 судов), ежегодные дноуглубительные работы, сброс бытовых сточных вод близлежащих населенных пунктов, а также поступление загрязняющих веществ с водосборных площадей, используемых в качестве сельскохозяйственных и садоводческих угодий негативно влияют на эколого-токсикологические показатели среды обитания водных биоресурсов. Все вышесказанное диктует необходимость проведения комплексных работ по оценке токсикологического состояния среды обитания водных биоресурсов Карповского водохранилища.

Наиболее полно оценить степень опасности различных токсикантов содержащихся в воде и донных отложениях водохранилища можно с помощью методов биотестирования [1] позволяющих дать прямую оценку воздействия токсикантов на живые организмы.

Целью нашего исследования является оценка острой и хронической токсичности воды и водных вытяжек из донных отложений Карповского водохранилища методом биотестирования.

### **Материалы и методы исследований**

В течение 2014 года в акватории Карповского водохранилища был